

СРАВНИТЕЛНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА НЯКОИ ВИДОВЕ СИЙЛЪРИ, ИЗПОЛЗВАНИ ПРИ ОБТУРИРАНЕ НА КОРЕНОВИ КАНАЛИ

Цветелина Борисова-Папанчева¹, Славена Светлозарова¹, Весела Василева²

¹Катедра „Консервативно зъбозъбление и орална патология“, Факултет по дентална медицина, Медицински университет – Варна

²Студент 6-и курс, Факултет по дентална медицина, Медицински университет – Варна

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SOME SEALER TYPES USED IN ROOT CANAL OBTURATION

Tsvetelina Borisova-Papancheva¹, Slavena Svetlozarova¹, Vesela Vasileva²

¹Department of Conservative Dentistry and Oral Pathology, Faculty of Dental Medicine, Medical University of Varna

²Student, Faculty of Dental Medicine, Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

Целта на статията, основавайки се на обширна литература, е да представи основните характеристики на най-често използваните сийлъри при obtурирането на корено-каналната система. Чрез идеалния сийлър се постига пълно запечатване на корено-каналното пространство. По този начин се възпрепятства навлизането на микроорганизми, които биха иницирали възпалителен процес и нужда от провеждане на релечение в кореновите канали на ендодонтски лекуваните зъби. Притежава антимикробна активност, като в същото време не предизвиква възпалителен отговор в тъканите около корена на зъба. Сийлърите запълват малките несъответствия между дентинната стена на кореновия канал и материала, използван за запълване. Поради тази причина физичните им свойства имат голямо значение за качеството на запълване на кореновите канали. Триизмерната им стабилност е важна характеристика, която до голяма степен определя дали ендодонтското лечение ще бъде компрометирано и дали зъбът ще се запази възможно най-дълго в устната кухина. Ендодонтските сийлъри се класифицират спрямо състава си на: цинк-окси-евгенолови (ZOE), калциевохидроксидни, глас-йонотерни, силиконови, епоксидни смоли, биокерамични (калций силикатни). Най-широко използвани са сийлърите на базата на епоксидна смола. Тяхна-

ABSTRACT

The aim of this research, based on extensive literature review, is to present the main characteristics of the most frequently used sealers for root canal obturation. When using the ideal sealer, complete sealing of the root canal space is achieved. In this way the entry of microorganisms that would initiate an inflammatory process and the need for re-treatment, in the root canal system of endodontically treated teeth, is prevented. The ideal sealer has antimicrobial activity and does not cause an inflammatory response in the tissues around the root of the tooth. Sealers fill the small voids between the dentinal wall of the root canal and the material used for filling. Because of this reason, their physical properties have great importance for the quality of the root canal filling. Their three-dimensional stability is an important characteristic that largely determines whether endodontic treatment will be compromised and whether the tooth will last in the oral cavity as long as possible. Root canal sealers are classified according to their composition as zinc oxide-eugenol (ZOE), calcium hydroxide, glass ionomer, silicone, epoxy resin, and bioceramic-based. The most frequently used ones are the resin based. Their limited biocompatibility when unset, together with the possible mutagenicity, cytotoxicity as well as hydrophobicity are the reason for the development of new sealer types —calcium silicate-based. They tend to be the main type used in the practice of modern endodontists. Comparing sealers, we tried to describe some of

та ограничена биосъвместимост при неутвърдено състояние, заедно с възможната мутагенност и цитотоксичност, както и хидрофобност налагат разработването на нови видове сийлъри – биокерамичните. Те проявяват тенденция да се наложат като основен вид за приложение в практиката на съвременните ендодонтисти. Сравнявайки различните видове сийлъри, се опитахме да опишем техните качества – време на втвърдяване, способност за запечатване, разтворимост, биосъвместимост, цитотоксичност и антимикробна активност. Разгледани са представители на всички групи, като са обобщени техните най-важни свойства, нужни за екзактното obtуриране на кореновия канал.

Ключови думи: сийлър, биосъвместимост, разтворимост

УВОД

Една от основните цели на ендодонтското лечение е отстраняване и предотвратяване на апикалния периодонтит. Пълното елиминиране на бактериите от кореновия канал, както и изборът на пълнеж, който да осигури херметично затваряне на апекса на зъба и оптимален терапевтичен ефект, са важни за постигането им (62). Част от тези изисквания се изпълняват от сийлърите – материали, които трябва да притежават подходящи физикохимични и биологични свойства. Отлична способност за запечатване, обемна стабилност, дълго време на втвърдяване, неразтворимост и биосъвместимост са качества, присъщи на идеалния сийлър (63). От първоначалното им приложение, в началото на 20-и век, досега са разработени различни видове (64). Сийлърът се поставя в кореновия канал в тънък слой и осигурява фиксирането на obtурационния материал – гутаперка или друг твърд материал. Прониква в неравности, латерални канали и допълнителни такива, където материалите за obtурация не могат да навлязат.

Критерии, на които трябва да отговаря един сийлър (6):

1. Да осигурява херметично затваряне на кореновия канал
2. Между него и obtурационния материал да има адхезия
3. Да е рентгеноконтрастен
4. Обемно стабилен с минимални промени преди и след втвърдяване

their qualities—setting time, sealing ability, solubility, biocompatibility, cytotoxicity, and antimicrobial activity. Representatives of all groups are described, summarizing the most important properties that are necessary for the exact root canal obturation.

Keywords: sealers, biocompatibility, solubility

5. Да не променя цвета си
6. Бактериостатичен или антибактериален
7. Бавно втвърдяване
8. Неразтворим в тъканни течности
9. Биосъвместим, немутагенен, несенсибилизиращ и нецитотоксичен след втвърдяване
10. Лесен за отстраняване при нужда от релечение
11. Биоактивен, стимулиращ образуването на хидроксиапатит при контакт с тъканни течности

Спрямо своите съставки сийлърите се разделят на: цинк-окси-евгенолови (ZOE), калций хидроксидни, глас-йонимерни, силиконови, епоксидни смоли, биокерамични (калций силикатни). Сийлърите, разгледани в тази статия, са: цинк-окси-евгенолови, калций хидроксидни, на основата на епоксидната смола и биокерамични.

ВЪВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМАТИКАТА

Цинк-окси-евгенолови сийлъри

Формулата на цинк-окси-евгеноловия сийлър (ZOE), разработена от Rickert и Dixon (50,49) през 1931 г., става основа за сийлър на Kerr, а формулата, разработена от Grossman (3) през 1936 г., става Proco-Sol сийлър. ZOE сийлърите съдържат цинков оксид на прах и течност евгенол, етерично масло, получено от карамфил (19). Когато се смесят и се поставят във влажен коренов канал се образува аморфен гел (66). Този вид сийлър се използва и до днес поради бавното втвърдяване, ниската цена, антибактериалните свойства и лекотата на използване (10). Съдържа сребро, кое-

то предизвика обезцветяване. Разработен е параформалдехиден сийлър, съдържащ ZOE, но неуспешно, тъй като формалдехидът причинява коагулационна некроза, а остатъчният формалдехид нарушава локалното възстановяване на засегнатите области (59), токсичен за перирадикуларните тъкани (34) и е противопоказан. ZOE сийлърите също са често срещана матрица за каналопълнежни средства с терапевтичен ефект. Например Calciobiotic Root Canal Sealer, CRCS, (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, USA) е предлаган на пазара като „сийлър с калциев хидроксид“ (12). Bioseal (OGNA Pharmaceuticals, Muggiò, Италия) е сийлър на базата на ZOE с добавен хидроксиапатит (20), но не са докладвани специални терапевтични ефекти. Времето за втвърдяване и разтворимостта са критични компоненти в способността за запечатване на сийлърите. Времето за втвърдяване е особено клинично важно за ендодонтското лечение. Бавното втвърдяване позволява на сийлъра да проникне по-лесно в сложната морфология на кореновия канал (2,42). Показания за по-бързо втвърдяване има, когато са налице ситуации, чувствителни към времето, като например когато obturацията трябва да бъде завършена бързо или радикуларният щифт трябва да бъде поставен по-рано. Сред редица проучвания времето за втвърдяване на Proco-Sol варира в порядък 40,5 минути до 42 часа. Доказано е, че Tubli-Seal има време за втвърдяване от приблизително един час (24,6). Необходима е вода за начало на процеса на втвърдяване на ZOE сийлърите. Според международната организация за стандартизация (ISO 6876) се изисква по-малко от 3% разтворимост на сийлърите в дестилирана вода, а ZOE сийлър, като Pulp Canal Sealer, отговаря на това изискване. Загубата на тегло от 5,19% в халотан за 10 минути показва умерена разтворимост в разтворите, използвани при релечение на корено-каналната система (65). Цинковият оксид е с доказано антиминокробно действие, тъй като образува реактивен кислород и действа върху протеините в бактериалната мембрана (48). ZOE сийлърите показват по-добър антиминокробен ефект спрямо *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, and *Enterococcus faecalis*, в сравнение с тези на основата на епоксидни смоли (27). Доказано е, че ZOE-средства са едновременно дразнещи и цитотоксични към фибробластите (31) и активират комплемент-медиран имунен отговор (52,54,25). Евгенолът е основната съставка, която проявява цитотоксичното действие (36). В резултат на това са разработени сийлъри с основа

цинков оксид без евгенол, за да се избегнат проблемите с постоперативното заздравяване. При тях се използват мастни киселини вместо евгенол като хелиращи агенти. Nogenol (GC America, Alsip, IL, USA) е сийлър с мастна киселина и цинков оксид в състава си, като е използвана лауринова киселина (3).

Калциехидроксидни сийлъри

Сийлърите със салицилати в състава си са предпочитани основно заради тяхното терапевтично действие, осигурено от добавките в тях, а не поради основните им съставки. Sealapex (Kerr) and Apexit/ Apexit Plus (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) са примери за съдържащи калций хидроксид салицилатни сийлъри. Калциевият хидроксид е въведен в ендодонтията от Herman през 1920 г. за повлияване на възпалението на пулпата. Той проявява алкализиращо и антиминокробно действие, желани качества за един терапевтичен сийлър (61). Каналопълнежните средства, съдържащи калциев хидроксид, са предназначени за инициране остеогенезата и циментогенезата (45). При класифицирането на отделните видове сийлъри, калций хидроксидните заемат собствена категория. Техните представители Sealapex и Apexit/Apexit Plus не демонстрират желаните клинични ефекти (39,15), докато Sealapex и калциев хидроксид подпомагат апикалното затваряне чрез отлагане на цимент (28). Проучване доказва, че Sealapex, сийлър на базата на салицилат има средно време на втвърдяване от 58 минути, което е по-кратко от това на ZOE сийлърите (47). Poggio et al. съобщава, че Sealapex отговаря на изискванията за разтворимост на ISO 6876 (47). Разтворимостта в халотан на сийлър на базата на салицилат като Apexit е сравнима с тази на ZOE (65). Салицилатните сийлъри, които включват MTA Fillapex, Sealapex и Apexit, се представят най-близо до AN Plus (44). Apexit уплътнява умерено добре в сравнение с ZOE, AN Plus и RoekoSeal Automix, въз основа на направен стереомикроскопски анализ на напречното сечение на екстрахираните зъби (44). В проучване, направено с проникване на багрило, при използването на MTA Fillapex се наблюдава по-голямо микропросмукване в сравнение с конвенционалните сийлъри на базата на епоксидна смола (1).

Друг вид сийлъри са силиконовите и тези на базата на епоксидна смола. И двата вида полимеризират чрез реакции на добавяне (51).

Епоксидната смола е разработена 1938 г. от P. Castan, швейцарски химик от de Trey (Цюрих, Швейцария). AN 26, първият сийлър на основата на епоксидна смола, е разработен от съща-

та компания през 40-те години на миналия век. През 1993 г. Spångberg et al. съобщава, че АН 26 отделя формалдехид (60), което обуславя преход от АН 26 към АН Plus, който не отделя формалдехидни пари. АН 26 е смес от прах-паста, докато АН Plus е комбинация от две паста. АН plus се предлага и под формата на смесителна спринцовка – АН Plus Jet. АН Plus е известен още като TopSeal в Европа, Централна Америка и Южна Америка. Adseal (Meta Biomed, Cheongju, Република Корея), Acroseal (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Франция) и ММ seal (Micro-Mega, Besançon, Франция) също се предлагат в търговската мрежа. В проучване е доказано, че АН 26 и АН Plus имат време на втвърдяване съответно 34 и 8 часа (13,7). АН Plus отговаря на изискванията за разтворимост на ISO (47) с 0,16% разтворимост във вода (16). АН Plus има по-добра антимикробна активност в сравнение с GuttaFlow, но по-малка от МТА Fillapex (сийлър на базата на салицилат) и CRCS (ZOE sealer) (55).

Сийлърите на базата на епоксидна смола в момента са широко използвани, но все още има някои ограничения – възможна мутагенност, цитотоксичност, възпалителен отговор и хидрофобност. Притежават ограничена биосъвместимост, когато са в невтвърдено състояние. При направен анализ на мутирани клетки от бозайници е доказано, че невтвърдените епоксидни сийлъри са токсични поради остатъчен мономер и формалдехид (29). Няколко проучвания смятат АН Plus за златен стандарт за сийлър, поради неговата устойчивост на резорбция и обемна стабилност (21,32,47,37). Въпреки това, той има ограничения, като възможна мутагенност (53), цитотоксичност (4,11) и провокиране на възпалителен отговор. Освен това неговата хидрофобност предотвратява плътното запълване на овлажнен коренов канал. По-конкретно, дефекти в адхезията на АН Plus към дентина могат да възникнат поради неподсушен и влажен коренов канал (58).

Биокерамични сийлъри

През последното десетилетие сийлърите на базата на калциев силикат (CSBS), често наричани „биокерамични“, навлизат в употреба и са предмет на множество изследвания, които сравняват техните свойства с тези на цинков окис-евгеноловите и епоксидната смола (56,8). Калциевият хидроксид се освобождава от биокерамичните сийлъри чрез процеса хидратация. По този начин се повлиява абсорбцията на водата и разтворимостта повече, отколкото при конвенционалните сийлъри на основата на смо-

ла (38). Благоприятните биологични свойства на калциево-силикатните сийлъри са резултат от тяхната разтворимост или от абсорбция на вода, но тези фактори могат да намалят обемната стабилност, като това се отразява отрицателно върху качеството на запечатване на кореновите канали (17,18,64). CSBS притежават много свойства, най-важни от които са: биосъвместимост, антимикробно действие и биоактивност (41,40,26,57,9). Независимо от това, при изследване на обемната стабилност CSBS показва противоречиви резултати. Докато някои проучвания не показват свиване при втвърдяване, други демонстрират леко разширение (56). Образува се минерален слой по време на втвърдяване и химическа връзка със стените на дентина, което допринася за тяхната запечатваща способност (56). Способността за запечатване на калциевите силикатни сийлъри варира в различните проучвания поради разликите в експерименталните методи и материали. Като цяло, конвенционалните такива на базата на епоксидна смола показват сходна или значително по-ниска течливост в сравнение със сийлърите на база на калциев силикат (5,46). CSBS са с по-кратко време на втвърдяване в сравнение с АН Plus (Dentsply Sirona, Йорк, Пенсилвания, САЩ) (38). Тъй като са хидрофилни, това рефлектира с добра възможност за адхезия към мокрите стени на кореновите канали (56). Това е потвърдено от скорошно проучване, което показва най-добра способност за омекряне и адхезия за EndoSequence® BC Sealer™ и EndoSeal МТА® в сравнение с АН Plus® (53). Сравнявайки обемната стабилност, тяхната е по-добра от тази на конвенционалните сийлъри, тези на основата на цинко-оксид-евгенол, които са склонни да се свиват при втвърдяване, особено ако дебелината им се увеличи (63,22,14). Lee et al. (2017) сравняват стабилността във времето на АН Plus®, AD Seal® (Meta Biomed, Cheongju, Корея) и Radic-Sealer® (Сеул, Корея) и CSBS-Endoseal МТА®. Доказват, че АН Plus® и Endoseal МТА® показват най-малки промени, като Endoseal МТА® е с по-ниски от АН Plus® 30 дни по-късно. Другите два представителя на базата на епоксидна смола имат по-високи стойности от препоръчаните (33). В друго проучване не е докладвана значителна разлика в обемната промяна между АН Plus® и TotalFill BC сийлър (62). По-добрата обемна стабилност на CSBS често се изтъква като основна причина да се използват чрез метода на студена хидравлична кондензация и техниката с единичен щифт. Въпреки че физичните свойства на сийлърите на базата на калциев силикат отгова-

рят на препоръките на Международната организация по стандартизация и постоянно се съобщава, че са биосъвместими, те не превъзхождат конвенционалните сийлъри на основата на епоксидна смола в практиката на денталните лекари. Някои от тях са все още в ранен стадий на разработка и изискват допълнителни лабораторни и клинични изследвания (35).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биокерамичните сийлъри на този етап показват подходящи физични свойства, за да бъдат успешно прилагани за запечатването на кореновите канали в различни клинични случаи. Високата им разтворимост обаче все още представлява проблем (30). Въпреки разнообразието от сийлъри, използвани в последния етап на ендодонтското лечение – obtурирането на корено-каналната система на зъба, все още няма такъв, който да отговаря на всички изисквания. Разработката на нови видове е един продължителен процес, който в бъдеще ще даде отговор на въпроса, дали е възможно запълване на кореновите канали със средство, превъзхождащо всички налични до сега материали.

ЛИТЕРАТУРА

- Ahuja L, Jasuja P, Verma KG, Juneja S, Mathur A, Walia R, et al. A comparative evaluation of sealing ability of new MTA based sealers with conventional resin based sealer: an in-vitro study. *J Clin Diagn Res* 2016; 10: ZC76-79.
- Allan NA, Walton RE, Schaffer M. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *J Endod* 2001; 27: 421-423.
- Araki K, Suda H, Spangberg LS. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 1994; 20: 67-70.
- Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J Endod*. 2000;26:462-465.
- Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers. *J Clin Diagn Res*. 2017;11:ZC65-ZC68.
- Branstetter J, von Fraunhofer JA. The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature. *J Endod* 1982; 8: 312-316.
- Camargo RV, Silva-Sousa YTC, Rosa R, Mazzi-Chaves JF, Lopes FC, Steier L, et al. Evaluation of the physicochemical properties of silicone- and epoxy resin-based root canal sealers. *Braz Oral Res* 2017; 31: e72
- Camilleri, J. Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Curr. Oral Health Rep*. 2017, 4, 228-238.
- Camps, J.; Jeanneau, C.; El Ayachi, I.; Laurent, P.; About, I. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells in Vitro. *J. Endod*. 2015, 41, 1469-1473.
- Civjan S, Brauer GM. Physical properties of cements, based on zinc oxide, hydrogenated rosin, o-ethoxybenzoic acid, and eugenol. *J Dent Res* 1964; 43: 281-299.
- Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An in vitro study of the cytotoxicity of two root canal sealers. *J Endod*. 2000;26:228-229.
- Cohen T, Gutmann JL, Wagner M. An assessment in vitro of the sealing properties of calciobiotic root canal sealer. *Int Endod J* 1985; 18: 172-178.
- De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J* 1994; 27: 239-244.
- De-Deus, G.; Gurgel-Filho, E.D.; Magalhães, K.M.; Coutinho-Filho, T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *Int. Endod. J*. 2006, 39, 378-383.
- Desai S, Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *J Endod* 2009; 35: 475-480.
- Donnelly A, Sword J, Nishitani Y, Yoshiyama M, Agee K, Tay FR, et al. Water sorption and solubility of methacrylate resinbased root canal sealers. *J Endod* 2007; 33: 990-994.
- Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107:421-436.
- Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med*. 2018;14:13.
- Fujisawa S, Murakami Y. Eugenol and its role in chronic diseases. In: Gupta S PSAB, editor. *Drug Discovery from Mother Nature Advances in Experimental Medicine and Biology*. 929. Switzerland: Springer International Publishing; 2016. p. 45-66.
- Gambarini G, Tagger M. Sealing ability of a new hydroxyapatite-containing endodontic sealer using lateral condensation and thermatic compaction of gutta-percha, in vitro. *J Endod* 1996; 22: 165-167
- Garrido AD, Lia RC, França SC, da Silva JF, Astolfi-Filho S, Sousa-Neto MD. Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copafiera multijuga oil-resin. *Int Endod J*. 2010;43:283-291.

22. Georgopoulou, M.K.; Wu, M.-K.; Nikolaou, A.; Wesselink, P.R. Effect of thickness on the sealing ability of some root canal sealers. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endodontol.* 1995, 80, 338–344.
23. Grossman L. *Endodontic practice*. 10th ed. Philadelphia (PA): Henry Kimpton Publishers; 1981.
24. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod* 1976; 2: 166-175
25. Guigand M, Pellen-Mussi P, Le Goff A, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M. Evaluation of the cytocompatibility of three endodontic materials. *J Endod* 1999; 25: 419-423.
26. Güven, E.P.; Taşlı, P.N.; Yalvac, M.E.; Sofiev, N.; Kayahan, M.B.; Sahin, F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int. Endod. J.* 2013, 46, 1173–1182.
27. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod* 1996; 22: 257-259
28. Holland R, Souza Vd. Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J Endod* 1985; 11: 535-543
29. Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *Int Endod J* 2002; 35: 153-158.
30. Jafari F, Jafari S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(10):e1249-e1255
31. Kolokouris I, Economides N, Beltes P, Vlemmas I. In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod* 1998; 24: 82-85.
32. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017;2017:2582849.
33. Lee, J.K.; Kwak, S.W.; Ha, J.-H.; Lee, W.; Kim, H.-C. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg. Chem. Appl.* 2017, 2017, 1–8.
34. Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88: 221-225.
35. Lim M, Jung C, Shin DH, Cho YB, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restor Dent Endod.* 2020 Aug;45(3):e35
36. Lindqvist L, Otteskog P. Eugenol: liberation from dental materials and effect on human diploid fibroblast cells. *Scand J Dent Res* 1980; 88: 552-556
37. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36:629–635.
38. Miyoung Lim, Chanyong Jung, Dong-Hoon Shin, Yong-bum Cho, Minju Song *Restor Dent Endod.* 2020 Aug; 45(3): e35.
39. Mohammadi Z, Dummer PM. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011; 44: 697-730.
40. Morgental, R.D.; Vier-Pelisser, F.V.; Oliveira, S.; Antunes, F.C.; Cogo, D.M.; Kopper, P.M.P. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int. Endod. J.* 2011, 44, 1128–1133.
41. Mukhtar-Fayyad, D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endodontology* 2011, 112, e137–e142.
42. Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J* 2008; 19: 46-50.
43. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Topics.* 2005;12:25–38.
44. Patni PM, Chandak M, Jain P, Patni MJ, Jain S, Mishra P, *Dent Mater J* 2020; : – 15 et al. Stereomicroscopic evaluation of sealing ability of four different root canal sealers —an invitro Study. *J Clin Diagn Res* 2016; 10: ZC37-39.
45. Paula-Silva FW, Ghosh A, Arzate H, Kapila S, da Silva LA, Kapila YL. Calcium hydroxide promotes cementogenesis and induces cementoblastic differentiation of mesenchymal periodontal ligament cells in a CEMPI- and ERK-dependent manner. *Calcif Tissue Int* 2010; 87: 144-157.
46. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: an in vitro study. *J Conserv Dent.* 2014;17:579–582.
47. Poggio C, Arciola CR, Dagna A, Colombo M, Bianchi S, Visai L. Solubility of root canal sealers: a comparative study. *Int J Artif Organs* 2010; 33: 676-681.
48. Poggio C, Lombardini M, Colombo M, Dagna A, Saino E, Arciola CR, et al. Antibacterial effects of six endodontic sealers. *Int J Artif Organs* 2011; 34: 908-913.
49. Rickert U, Dixon C. The control of root surgery. *Transactions of the 8th International Dental Congress* 1933; 9: 14-58
50. Rickert U, Dixon C. The controlling of root surgery. *Congres Dentaire International* 1931: 15-22.

51. Saeb MR, Bakhshandeh E, Khonakdar HA, Mäder E, Scheffler C, Heinrich G. Cure kinetics of epoxy nanocomposites affected by MWCNTs functionalization: A review. *The Scientific World Journal* 2013; 2013: 14.
52. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *J Endod.* 2006;32:281–290.
53. Schweikl H, Schmalz G, Federlin M. Mutagenicity of the root canal sealer AHPlus in the Ames test. *Clin Oral Investig.* 1998;2:125–129.
54. Serene TP, Vesely J, Boackle RJ. Complement activation as a possible in vitro indication of the inflammatory potential of endodontic materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988;65: 354-357.
55. Shakya VK, Gupta P, Tikku AP, Pathak AK, Chandra A, Yadav RK, Bharti R, Singh RK. An in vitro evaluation of antimicrobial efficacy and flow characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and Gutta Flow 2 root canal sealer. *J Clin Diagn Res* 2016; 10: ZC104-108.
56. Silva Almeida, L.H.; Moraes, R.R.; Morgental, R.D.; Pappen, F.G. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *J. Endod.* 2017, 43, 527–535.
57. Singh, G.; Gupta, I.; ElShamy, F.M.M.; Boreak, N.; Homeida, H.E. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramicbased sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. *Eur. J. Dent.* 2016, 10, 366–369.
58. Sousa CJ, Montes CR, Pascon EA, Loyola AM, Versiani MA. Comparison of the intraosseous biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. *J Endod.* 2006;32:656–662.
59. Spangberg L, Langeland K. Biologic effects of dental materials. 1. Toxicity of root canal filling materials on HeLa cells in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973; 35: 402- 414.
60. Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993; 19: 596-598
61. Staehle HJ, Spiess V, Heinecke A, Muller HP. Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide on the alkalinity of root dentin. *Endod Dent Traumatol* 1995; 11: 163-168.
62. Tanomaru-Filho, M.; Torres, F.F.E.; Chávez-Andrade, G.M.; de Almeida, M.; Navarro, L.G.; Steier, L.; Guerreiro-Tanomaru, J.M. Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *J. Endod.* 2017, 43, 2097–2101.
63. Trope, M.; Bunes, A.; Debelian, G. Root Filling Materials and Techniques: Bioceramics a New Hope *Endod. Top.* 2015, 32, 86–96.
64. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. *J Endod.* 2018;44:1736–1740.
65. Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J* 2000; 33: 19-24.
66. Wilson AD, Mesley RJ. Zinc oxide-eugenol cements. 3. Infrared spectroscopic studies. *J Dent Res* 1972; 51: 1581- 1588

Адрес за кореспонденция:

Цветелина Борисова
 Катедра по консервативно зъболечение
 и орална патология
 Факултет по дентална медицина,
 Медицински университет – Варна
 бул. „Цар Освободител“ 84
 Варна, 9002
 e-mail: dr_borisova@abv.bg